Anatomische und biologische Studien über die Vegetation der Hochanden Perus.

Vorläufige Mitteilung

von

Dr. A. Weberbauer.

Der Ort, an welchem diese Untersuchungen angestellt wurden, das Beamtenwohnhaus der Silbermine »Alpamina«, liegt unter 11° 35′ s. Br. und in der Höhe von 4500 m über dem Meeresspiegel. Es befindet sich in einer geneigten, breiten Talmulde, welche umgeben wird von Bergwänden, deren Kämme und Gipfel sich höchstens 300 m über den Talboden erheben. Das Gelände zeigt größtenteils erdige Beschaffenheit, und zwar ist das Erdreich tief dunkelbraun gefärbt, humusreich. Felsen (Kalk) treten zwar an vielen Stellen zu Tage, sie bilden jedoch nur unbedeutende Wände von der Höhe weniger Meter oder abgerundete Blöcke, welche nur wenig aus der Erde herausragen. Hier und da durchfurchen das Tal schmale, wasserarme Bächlein, welche in der Trockenzeit versiegen. An einigen Stellen, wo das Gefälle dieser Bächlein sehr gering ist, haben sich Moore gebildet. Die Talmulde ist offenbar ein alter Gletscherboden: ein deutlicher Moränenwall ist ihrem unteren Ende vorgelagert.

I. Teil: **Meteorologie.**

Die meteorologischen Beobachtungen fallen in die Zeit vom 8. Februar bis 21. März 1904.

Die Niederschlagsverhältnisse und elektrischen Entladungen verfolgte ich täglich genau in der Zeit von 7 Uhr morgens bis 9 Uhr abends. In den hierbei entworfenen Tabellen bezeichnete ich die Stunden, in denen weder Niederschläge noch elektrische Entladungen vorkamen, mit 0; für die Stunden, in welchen Niederschläge oder elektrische Entladungen vorkamen, wurde die Art dieser Erscheinungen vermerkt, nicht jedoch ihre

Dauer, weil dieses mit Rücksicht auf meine sonstigen Arbeiten nicht durchführbar war.

Täglich dreimal, nämlich 7—7½ Uhr morgens, 2—2½ Uhr nachmittags und 9—9½ Uhr abends, wurden notiert:

1. Die Lufttemperatur, abgelesen vom trockenen Thermometer des Assmannschen Aspirations-Psychrometers. (Von der Verwendung des Maximum- und des Minimum-Thermometers wurde Abstand genommen, da es an geeigneten Plätzen zur Aufstellung fehlte und überdies Diebstahl zu befürchten war.)
2. Die relative Luftfeuchtigkeit, ermittelt durch Vergleich des trockenen und des feuchten Thermometers des Assmannschen Aspirations-Psychrometers.
3. Die Bewölkung des Himmels, ausgedrückt durch die Zahlen 0—10 (0 = völlig wolkenleer, 10 = völlig bedeckter Himmel).

Das Zeichen ✶ in den Tabellen gibt an, daß die unmittelbare Umgebung der Beobachtungs-Station mit Schnee bedeckt war. Ich muß indes bemerken, daß ich einigemal versäumt habe, diese Erscheinung zu beobachten.

Tabelle A. Niederschläge und elektrische Entladungen.

1904	8. Februar	9. Februar	10. Februar
Zwischen 7 und 8 h	✶ Schneefall	✶ Nebel u. leichter Schneefall	0
» 8 » 9 h	0	0	0
» 9 » 10 h	0	Regen mit Schnee vermischt	0
» 10 » 11 h	Graupeln	Feiner Nebelregen	0
» 11 » 12 h	Graupeln	0	0
» 12 » 1 h	0	0	0
» 1 » 2 h	Graupeln, Gewitter, dann Schnee mit Regen vermischt	Graupeln	Graupeln, Gewitter
» 2 » 3 h	Schnee mit Regen	Graupeln	Graupeln, Gewitter, Schneefall
» 3 » 4 h	Graupeln, Regen mit Schnee vermischt	0	Schneefall
» 4 » 5 h	Regen mit Schnee vermischt, dann reiner Schnee	0	0
» 5 » 6 h	Schnee	0	0
» 6 » 7 h	Schnee mit Regen vermischt	0	0, Donner in der Ferne
» 7 » 8 h	0	Graupeln	0
» 8 » 9 h	0	0	Schneefall, ✶

1904	11. Februar	12. Februar	13. Februar
Zwischen 7 und 8 h	✶, Nebel	✶, 0	0
» 8 » 9 h	✶, 0	✶, 0	0
» 9 » 10 h	0	0	0
» 10 » 11 h	Graupeln	0	0
» 11 » 12 h	Regen mit Schnee vermischt	0	Graupeln
» 12 » 1 h	Graupeln, Schneefall ✶	0	Regen
» 1 » 2 h	Schneefall ✶	Graupeln	0
» 2 » 3 h	Schneefall ✶	0	Graupeln, Regen, Graupeln
» 3 » 4 h	Schneefall ✶	0	0
» 4 » 5 h	Schneefall ✶	0, Donner	0
» 5 » 6 h	0 ✶	Graupeln	0
» 6 » 7 h	0	Schneefall	0
» 7 » 8 h	0	Schneefall	0
» 8 » 9 h	0	0	0, Wetterleuchten

1904	14. Februar	15. Februar	16. Februar
Zwischen 7 und 8 h	0	0	Nebel
» 8 » 9 h	0	0	0
» 9 » 10 h	0	0	0
» 10 » 11 h	Graupeln	0	0
» 11 » 12 h	Graupeln	0	0
» 12 » 1 h	Graupeln, Gewitter, Regen	0	0
» 1 » 2 h	Graupeln	0	0
» 2 » 3 h	0	Graupeln, Gewitter, Schneefall	Graupeln
» 3 » 4 h	Schneefall	Schneefall	Graupeln
» 4 » 5 h	0	Schneefall	Schneefall
» 5 » 6 h	Schneefall	Schneefall	0
» 6 » 7 h	0	Schneefall	Graupeln, Schneefall
» 7 » 8 h	0	0	0
» 8 » 9 h	0	0	Schneefall ✶

1904	17. Februar	18. Februar	19. Februar
Zwischen 7 und 8 h	0 ✶	Schneefall ✶	0 ✶
» 8 » 9 h	0	0	0
» 9 » 10 h	0	0	0
» 10 » 11 h	0	0	0
» 11 » 12 h	0	0	Graupeln
» 12 » 1 h	Schnee mit Regen vermischt	0	Graupeln

1904	17. Februar	18. Februar	19. Februar
Zwischen 1 und 2 h	0	0	0
» 2 » 3 h	Graupeln	Graupeln	Graupeln
» 3 » 4 h	Schnee mit Regen vermischt	0, Donner in der Ferne	Schneefall, Gewitter
» 4 » 5 h	Schnee mit Regen vermischt	Donner, Graupeln	Schneefall ✶
» 5 » 6 h	Schnee mit Regen vermischt	Donner, Schneefall	Schneefall ✶
» 6 » 7 h	Schnee mit Regen vermischt	Schneefall	Schneefall ✶
» 7 » 8 h	Schnee mit Regen vermischt	Schneefall	Schneefall ✶
» 8 » 9 h	0, Wetterleuchten	0, Wetterleuchten ✶	0 ✶

1904	20. Februar	21. Februar	22. Februar
Zwischen 7 und 8 h	0 ✶	0	Schneefall
» 8 » 9 h	0 ✶	0	Schneefall
» 9 » 10 h	0 ✶	0	Schnee mit Regen vermischt
» 10 » 11 h	0 ✶	0	Schnee mit Regen vermischt
» 11 » 12 h	0	0	Schnee mit Regen vermischt
» 12 » 1 h	0	0	Schnee mit Regen vermischt
» 1 » 2 h	0	0	0
» 2 » 3 h	0	0	0
» 3 » 4 h	0	Graupeln	0
» 4 » 5 h	Gewitter, Graupeln, Regen	Schnee mit Regen vermischt, Gewitter	0
» 5 » 6 h	Schnee mit Regen vermischt	Schnee mit Regen vermischt	0
» 6 » 7 h	Schnee mit Regen vermischt	Schnee mit Regen vermischt	0
» 7 » 8 h	Schnee mit Regen vermischt	Schnee mit Regen vermischt	0
» 8 » 9 h	0	0	0

1904	23. Februar	24. Februar	25. Februar
Zwischen 7 und 8 h	Nebel, Reif	0 ✶	0
» 8 » 9 h	0	0	0
» 9 » 10 h	0	0	0
» 10 » 11 h	0	0	0
» 11 » 12 h	0	0	0
» 12 » 1 h	0	0	0

1904	23. Februar	24. Februar	25. Februar
Zwischen 1 und 2 h	0	0	0
» 2 » 3 h	0	Graupeln, Gewitter	Graupeln
» 3 » 4 h	0	0	Schneefall
» 4 » 5 h	0	0	Schneefall
» 5 » 6 h	Graupeln, Gewitter, Regen	Schnee mit Regen, Gewitter.	Schneefall ✶
» 6 » 7 h	Regen	Schneefall	0 ✶
» 7 » 8 h	Schneefall	0	Schnee mit Regen vermischt
» 8 » 9 h	Schneefall ✶	0	Schneefall ✶

1904	26. Februar	27. Februar	28. Februar
Zwischen 7 und 8 h	✶, 0	Feiner Nebel-Regen, mit Schnee vermischt	✶, 0
» 8 » 9 h	0	Feiner Nebel-Regen, mit Schnee vermischt	0
» 9 » 10 h	Schneefall	Feiner Nebel-Regen	0
» 10 » 11 h	Schneefall	0	0
» 11 » 12 h	0	Regen mit Schnee vermischt, Graupeln	0
» 12 » 1 h	0	0	0
» 1 » 2 h	0	Regen	0
» 2 » 3 h	0	0	Gewitter, Schneefall
» 3 » 4 h	0	Graupeln	Schneefall
» 4 » 5 h	0	Regen	Schneefall
» 5 » 6 h	0	Graupeln	Schnee mit Regen vermischt
» 6 » 7 h	0	Regen mit Schnee vermischt	Schnee mit Regen vermischt
» 7 » 8 h	0	Schnee mit Regen vermischt	0
» 8 » 9 h	0	Schneefall ✶	0

1904	29. Februar	1. März	2. März
Zwischen 7 und 8 h	0	Schneefall ✶	0
» 8 » 9 h	0	Schneefall ✶	0
» 9 » 10 h	0	0 ✶	0
» 10 » 11 h	0	Schneefall ✶	Schnee mit Regen vermischt
» 11 » 12 h	0	Schnee mit Regen ✶	Schnee mit Regen vermischt
» 12 » 1 h	0, Donner	Schnee mit Regen ✶	Schnee mit Regen vermischt

1904	29. Februar	1. März	2. März
Zwischen 1 und 2 h	Graupeln	Schnee mit Regen	0
» 2 » 3 h	Schneefall ✶	Schnee mit Regen	Graupeln
» 3 » 4 h	Schneefall ✶	Schnee mit Regen	Graupeln
» 4 » 5 h	Schneefall ✶	Schnee mit Regen	Schnee mit Regen vermischt
» 5 » 6 h	Schneefall ✶	Schnee mit Regen	Schnee mit Regen vermischt
» 6 » 7 h	Schneefall ✶	0	0
» 7 » 8 h	0 ✶	0	0
» 8 » 9 h	0 ✶	Schneefall	0

1904	3. März	4. März	5. März
Zwischen 7 und 8 h	Nebel	Nebel, Schneefall ✶	0 ✶
» 8 » 9 h	Nebel	0 ✶	0 ✶
» 9 » 10 h	Nebel	Schneefall ✶	0 ✶
» 10 » 11 h	0	Schneefall ✶	0 ✶
» 11 » 12 h	0	Schneefall ✶	0 ✶
» 12 » 1 h	0	Schneefall ✶	Schnee mit Regen ✶
» 1 » 2 h	Graupeln	Schneefall ✶	Schneefall ✶
» 2 » 3 h	0	Schnee mit Regen ✶	Schneefall ✶
» 3 » 4 h	Graupeln	Schneefall ✶	Schneefall ✶
» 4 » 5 h	Schneefall	Schneefall ✶	0 ✶
» 5 » 6 h	Schneefall ✶	Schneefall ✶	0 ✶
» 6 » 7 h	Schneefall ✶	Schneefall ✶	0 ✶
» 7 » 8 h	0 ✶	Schneefall ✶	0 ✶
» 8 » 9 h	Schneefall ✶	Schneefall ✶	0 ✶

1904	6. März	7. März	8. März
Zwischen 7 und 8 h	0	0 ✶	0 Reif
» 8 » 9 h	0	0	0
» 9 » 10 h	Schneefall	0	0
» 10 » 11 h	Schnee mit Regen vermischt	0	0
» 11 » 12 h	0	Schnee mit Regen vermischt	0
» 12 » 1 h	0	Graupeln	0
» 1 » 2 h	0	Graupeln, Schnee mit Regen vermischt.	Schneefall
» 2 » 3 h	Schneefall	Schnee mit Regen vermischt	Schneefall ✶
» 3 » 4 h	Schneefall	Schnee mit Regen vermischt	Schneefall ✶
» 4 » 5 h	Schneefall	Schnee mit Regen vermischt	0 ✶

1904	6. März	7. März	8. März
Zwischen 5 und 6 h	Schnee mit Regen vermischt	Schneefall	Schnee mit Regen vermischt ✶
» 6 » 7 h	0	0	Schneefall ✶
» 7 » 8 h	0	0	Schneefall ✶
» 8 » 9 h	0	0	0 ✶

1904	9. März	10. März	11. März
Zwischen 7 und 8 h	✶, 0	✶, Nebel	0 ✶
» 8 » 9 h	✶, 0	0	0 ✶
» 9 » 10 h	✶, Schnee mit Regen vermischt, Nebel	Schneefall	0 ✶
» 10 » 11 h	✶, Schneefall	Schnee mit Regen	Schnee mit Regen ✶
» 11 » 12 h	✶, Schnee mit Regen	Graupeln	0
» 12 » 1 h	0	Graupeln	Graupeln
» 1 » 2 h	0	Graupeln	Graupeln
» 2 » 3 h	0	Graupeln	0
» 3 » 4 h	0	Schnee mit Regen vermischt	Schnee mit Regen vermischt, Graupeln
» 4 » 5 h	Graupeln	Schnee mit Regen vermischt	Graupeln, Schnee mit Regen vermischt
» 5 » 6 h	0	0	0
» 6 » 7 h	Schnee mit Regen vermischt	0	0
» 7 » 8 h	Schneefall	0	0
» 8 » 9 h	Schnee mit Regen vermischt	Schnee mit Regen vermischt	0

1904	12. März	13. März	14. März
Zwischen 7 und 8 h	0	0 ✶	0
» 8 » 9 h	0	0 ✶	0
» 9 » 10 h	0	0 ✶	0
» 10 » 11 h	0	0	0
» 11 » 12 h	0	0	Graupeln
» 12 » 1 h	0	0	Schneefall
» 1 » 2 h	0	0	Schnee mit Regen vermischt, Graupeln
» 2 » 3 h	Graupeln, Gewitter	0	Schneefall
» 3 » 4 h	Graupeln, Gewitter, Schneefall ✶	0	Schneefall
» 4 » 5 h	Schneefall ✶	0	Schneefall
» 5 » 6 h	Schneefall ✶	Schneefall	?
» 6 » 7 h	Schneefall ✶	0	0
» 7 » 8 h	Schneefall ✶	0	?
» 8 » 9 h	Schneefall ✶	0	?

1904	15. März	16. März	17. März
Zwischen 7 und 8 h	0	Nebel	0
» 8 » 9 h	0	Schnee mit Regen vermischt	0
» 9 » 10 h	0	Schneefall	0
» 10 » 11 h	0	Schneefall	Graupeln mit Regen
» 11 » 12 h	0	Schneefall	0
» 12 » 1 h	0	0	0
» 1 » 2 h	0	0	0
» 2 » 3 h	0	0	Graupeln, Gewitter Schneefall
» 3 » 4 h	Schnee mit Regen vermischt	0	Schneefall
» 4 » 5 h	0	0	Schneefall ✶
» 5 » 6 h	0	0	Schneefall ✶
» 6 » 7 h	0	Graupeln, Gewitter	0 ✶
» 7 » 8 h	Schneefall	Schneefall	0 ✶
» 8 » 9 h	?	?	0 ✶

1904	18. März	19. März	20. März
Zwischen 7 und 8 h	0 ✶	0	0
» 8 » 9 h	0	0	0
» 9 » 10 h	0	0	0
» 10 » 11 h	0	0	Schneefall
» 11 » 12 h	0	0	Schnee mit Regen
» 12 » 1 h	0	0	Schnee mit Regen vermischt
» 1 » 2 h	0	0	Schnee mit Regen vermischt
» 2 » 3 h	0	0	0
» 3 » 4 h	0	0	0
» 4 » 5 h	0	Gewitter, Graupeln	0
» 5 » 6 h	0, Donner in der Ferne	✶ Schnee mit Regen vermischt	Schnee mit Regen vermischt
» 6 » 7 h	0	0	Nebel
» 7 » 8 h	0	Schnee mit Regen vermischt	0
» 8 » 9 h	0	0	0

(18. März: Einziger Tag ohne Niederschläge!)

1904	21. März	1904	21. März
Zwischen 7 und 8 h	0	Zwischen 1 und 2 h	Schneefall
» 8 » 9 h	0	» 2 » 3 h	0
» 9 » 10 h	Nebel	» 3 » 4 h	0
» 10 » 11 h	Nebel	» 4 » 5 h	Graupeln
» 11 » 12 h	Schneefall	» 5 » 6 h	Schnee mit Regen
» 12 » 1 h	Schneefall		

1904	21. März	1904	21. März
Zwischen 6 und 7 h	Gewitter, Graupeln mit Regen	Zwischen 8 und 9 h	Schnee mit Regen vermischt
» 7 » 8 h	Schnee mit Regen vermischt		

Tabelle B. Bewölkung.

1904	7 h	2 h	9 h	1904	7 h	2 h	9 h
8. Februar	10	10	6	25. Februar	9.5	10	10
9. »	10	10	9	26. »	10	7	9.5
10. »	8	10	10	27. »	10	9.5	10
11. »	10	10	6	28. »	10	10	10
12. »	9	9	7	29. »	6	10	10
13. »	10	9	3	1. März	10	10	10
14. »	7	10	5	2. »	10	9.5	6
15. »	2	10	2	3. »	10	9.5	9.5
16. »	10	10	10	4. »	10	9.5	10
17. »	6	5	9	5. »	10	10	10
18. »	10	10	5	6. »	10	10	3
19. »	10	9	5	7. »	10	10	9.5
20. »	0.5	5	10	8. »	10	10	9.5
21. »	9	9	9	9. »	10	9	10
22. »	10	10	9	10. »	10	8	10
23. »	2	9.5	10	11. »	10	9.5	10
24. »	9.5	10	10				

Tabelle C. Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft.

t = Temperatur Celsius am trockenen Thermometer des Assmannschen Aspirations-Psychrometers.

t' = desgl. am feuchten Thermometer des Assmannschen Aspirations-Psychrometers.

e'' = Spannkraft des Wasserdampfes in Millimetern.

Rel. F. = Relative Feuchtigkeit in Prozenten.

1904	7 Uhr				2 Uhr				9 Uhr			
	t	t'	e''	Rel.F.	t	t'	e''	Rel.F.	t	t'	e''	Rel.F.
11. Febr.	0	0	4.60	100	0	0	4.60	100	0	−1	3.95	86
12. »	+1	−2	3.00	61	+2	+1	4.56	87	0	0	4.60	100
13. »	−1	−1.5	3.94	93	+6.5	+4	4.69	65	+2.5	+1	4.39	80
14. »	+1	0	4.28	87	+3	+2	4.92	87	+1.5	0	4.11	81
15. »	+1	−1	3.64	74	+5	+1.5	3.88	60	+1.5	−0.5	3.81	75

	7 Uhr				2 Uhr				9 Uhr			
	t	t′	e″	Rel.F.	t	t′	e″	Rel.F.	t	t′	e″	Rel.F.
16. Febr.	—0.5	0	4.45	100	+6	+2	3.88	56	—0.5	0	4.45	100
17. »	—1.5	—2.5	3.47	85	+8	+4	4.68	59	+1	0	4.28	87
18. »	+1	0	4.28	87	+5	+3	4.97	76	+1	—0.5	3.96	81
19. »	+0.5	—1	3.79	80	+4.5	+2	4.40	70	—1.5	—3	3.16	77
20. »	—3.5	—4.5	2.90	84	+6.5	+3.5	4.81	67	+2	0	3.95	75
21. »	+0.5	—0.5	4.12	87	+6.5	+3	4.44	62	+1	—1	3.64	74
22. »	—1	0	4.30	100	+4.5	+2.5	4.77	76	+2	+0.5	4.22	80
23. »	—2	—2	3.92	100	+6	+3	4.61	66	0	0	4.60	100
24. »	+1	—1	3.64	74	+6.5	+3.5	4.81	67	+1.5	0	4.11	81
25. »	+0.5	—3	2.55	54	+5.5	+2	4.06	60	0	0	4.60	100
26. »	0	—0.5	4.27	93	+7.5	+4	4.85	63	+2	+1	4.56	87
27. »	+0.5	0	4.44	94	+5.5	+3	4.78	71	+0.5	0	4.44	94
28. »	+0.5	0	4.44	94	+3	+2	4.92	87	+1.5	+0.5	4.39	86
29. »	+1	—1	3.64	74	+1	0	4.28	87	+1	0	4.28	87
1. März	—1	—2	3.62	85	+1	0	4.28	87	0	—0.5	4.27	93
2. »	—1	—1.5	3.94	93	+5.5	+2	4.06	60	+1	0	4.28	87
3. »	—1	—1.5	3.94	93	+5	+3.5	5.34	82	0	—1	3.95	86
4. »	0	—0.5	4.27	93	+2	+1	4.56	87	—0.5	—1.5	3.79	86
5. »	—1.5	—2.5	3.47	85	+1	0	4.28	87	+1	+0.5	4.57	93
6. »	—1	—1	4.25	100	+2	+1	4.56	87	+1	0	4.28	87
7. »	0	—0.5	4.27	93	+0.5	0	4.44	94	+1	0	4.28	87
8. »	—0.5	—2	3.46	78	+1	0	4.28	87	—0.5	—1	4.10	93
9. »	0	0	4.60	100	+4	+2	4.58	75	0	0	4.60	100
10. »	—1	—1	4.25	100	+3.5	+2	4.75	81	+0.5	+0.5	4.74	100
11. »	0	—1	3.95	86	+4	+2	4.58	75	+0.5	0	4.44	94

Aus den beigegebenen 3 Tabellen hebe ich zusammenfassend folgendes hervor:

Tabelle A: Niederschläge und elektrische Entladungen.

Umfaßt die Tage vom 8. Februar bis 21. März 1904. Nur ein einziger unter diesen Tagen war frei von Niederschlägen. Reine Regen sind selten, häufig hingegen mit Schnee vermischte Regen. Der Schnee fällt für gewöhnlich nicht in lockeren, großen Flocken, sondern in kleineren festen Partikeln, welche den Graupelkörnern ähnlich sind. Das überaus häufige Vorkommen von Graupeln ist höchst bemerkenswert; die Körner erreichen nicht selten den Umfang einer Erbse; größere Körner habe ich nie beobachtet.

Betreffend die Verteilung der Niederschläge auf die Tagesstunden sei bemerkt, daß unter den 43 Beobachtungstagen 17 bis 12 Uhr mittags frei von Niederschlägen waren.

Die Zahl der Tage mit elektrischen Entladungen betrug 20 unter 43. In allen Fällen vollzogen sich die Entladungen nach 12 Uhr mittags.

Tabelle B: Bewölkung.

Umfaßt die Tage vom 8. Februar bis 11. März 1904. Unter den 99 Beobachtungen, welche die Tabelle enthält, verzeichnen nur 6 eine Bedeckung des Himmels zu weniger als der Hälfte, 88 eine solche zu mehr als der Hälfte. Unter den letztgenannten Fällen befinden sich 55 von vollständiger Bedeckung des Himmels. Völlig freier Himmel wurde nie beobachtet.

Tabelle C: Lufttemperatur und relative Feuchtigkeit der Luft.

Umfaßt die Tage vom 11. Februar bis 11. März 1904. Die höchste Temperatur ist + 8° C, die tiefste — 3,5°. Das Temperatur-Maximum pflegt in den Mittagsstunden, das Minimum in den Morgenstunden zu liegen. Die stärkste Temperaturschwankung innerhalb eines Tages war 10° C.

Die relative Luftfeuchtigkeit betrug in nur 3 unter 90 Beobachtungsfällen weniger als 60 %, niemals weniger als 50. In 14 Fällen war die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt, in 14 enthielt sie 90—99, in 35 80—89, in 14 70—79, in 10 60—69 % Wasserdampf.

II. Teil: **Äufsere Morphologie und Biologie.**

Der augenfälligste Zug in der Physiognomie der Hochandenpflanzen ist ihre Zwerghaftigkeit oder, genauer ausgedrückt, die geringe Erhebung dieser Vegetation über den Erdboden: die aufrecht wachsenden oberirdischen Stämme erreichen allerdings nur eine geringe Höhe, weit länger dagegen werden die horizontal wachsenden Stammorgane und die Wurzeln.

Eigentümliche Ausnahmeerscheinungen in der hochandinen Flora bilden zwei Pflanzen, die zwar dem Gebiete, welches ich speziell studiert habe, fehlen, dagegen auf den Hochanden von Huaraz nicht selten sind. Die eine ist *Polylepis racemosa*, bald als Strauch, bald als Bäumchen entwickelt. Ich sah noch in der Erhebung von 4500 m, am Fuße des Gletschereises, Exemplare von 2 m Höhe. Bei 4200 m bildet sie an vielen Stellen meilenweit ausgedehnte Wälder und wird bis 4 m hoch.

Eine andere Riesenpflanze der hohen Gebirgsregionen Perus geht zwar, soweit ich beobachtet habe, nur bis 4200 m aufwärts, ist aber durch ihre gewaltigen Dimensionen eine höchst auffällige Erscheinung unter ihren zwerghaften Gefährten. Es ist die Bromeliacee *Pourretia gigantea*. Ich sah blühende Exemplare, welche 10 m hoch waren. Der Stamm, in seinem äußersten Teile holzig, zeigt im Innern ein schwammig-faseriges Gefüge und ist dicht besetzt mit festen, dolchförmigen, dornig gezähnten Blättern. Er verlängert sich in eine kegelförmige Infloreseenz, welche viele tausende, dicht zusammengedrängte Blüten enthält.

Diese Fälle stellen, wie gesagt, seltene Ausnahmen dar. Die überwiegende Mehrzahl der hochandinen Pflanzen sind niedrige Kräuter und von den Holzgewächsen werden die aufrechten nicht mehr als halbmeterhoch.

Nach der Beschaffenheit der Vegetationsorgane lassen sich folgende Typen unterscheiden:

1. Kräuter.

I. Stamm größtenteils unterirdisch.

A. Stamm aufrecht (wenigstens in den älteren Teilen). Beblätterte (oberirdische) Stammstücke kurz, rosettenförmig.

a. Eine, meist dicke, Pfahlwurzel, einfach oder nur wenig verzweigt.

Hierher: *Valeriana* spec. (Sect. *Phyllactis*), *Weberbauera andina* Hieron. (*Amarant.*), *Azorella crenata* Pers. (*Umbellif.*), *Melandryum* (*Gastrolychnis*) spec., *Geranium sericeum* Willd., *Calceolaria Mathewsii* Bth., *Hypochoeris conchoides* Bth., *Malvastrum stenopetalum* A. Gr., *M. pichinchense* A. Gr., *Valeriana* spec. (Sect. *Phyllactis.*), *Viola* spec. aff. *V. granulosa* Wedd., *Eudema* spec. (*Crucif.*), *Plantago Weberbaueri* Pilger, *Oreomyrrhis andicola* Endl. (*Umbellif.*), *Geranium* cfr. *sessiliflorum* Cav., *Calandrinia acaulis* Kth., *Gentiana sedifolia* Kth., *G. armerioides* Griseb., *Oenothera multicaulis* R. et P., *Draba Pickeringii* A. Gr., *Valeriana alypifolia* H.B.K.

b. Zahlreiche gleichstarke Faserwurzeln. Stamm sehr kurz.

Hierher: *Perezia coerulescens* Wedd. (*Compos.*), *Ranunculus Lechleri* Schlecht.

B. Stamm in den älteren Teilen horizontal, kurze, an den Enden beblätterte Zweige treibend. Zahlreiche, gleichstarke Wurzeln.

a. Achse der beblätterten Teile aufrecht, von den Blättern verhüllt, kurz (rosettenförmiger Sproß).

Hierher: *Werneria strigosissima* A. Gr. (*Compos.*), *Lucilia piptolepis* Wedd. (*Compos.*), *Senecio repens* DC. (*Compos.*), *Senecio antennaria* Wedd. (*Compos.*), *Alternanthera lupulina* Kth. var. *glabra* Hieron. (*Amarantac.*).

b. Achse der beblätterten Teile aufrecht, etwas gestreckt, von den Blättern verhüllt. Blätter winzig, schuppenförmig. Beblätterte Sprosse zu dichten Rasen oder Polstern zusammengedrängt (moosähnliche Tracht).

Hierher: *Arenaria dicranoides* Kth., *Pycnophyllum* spec. (*Caryophyll.*), *Arenia Alpamarcae* A. Gr. (*Caryophyll.*)?

c. Achse der beblätterten Teile niederliegend, mit deutlich sichtbaren Internodien.

Hierher: *Campanulac.* gen. (Ph. 51), *Galium hirsutum* R. et P.

C. Stamm eine Knolle, aus welcher Blätter, Blütenstände und zahlreiche Wurzeln entspringen.

Hierher: *Peperomia parvifolia* C. DC.

D. Stamm eine Zwiebel, aus welcher Laubblätter, Blüten und zahlreiche Wurzeln entspringen.

Hierher eine *Oxalis*-Art (anatomisch nicht untersucht).

II. Stamm größtenteils oberirdisch, aufrecht, reich verzweigt, die Zweige zu einem festen hochgewölbten Polster zusammengedrängt, an den Enden mit dicht gestellten, schuppenförmigen Blättern besetzt.

Hierher: *Valeriana Aschersoniana* Gräbn.

III. Stamm größtenteils oberirdisch, kurz (höchstens 10 cm lang), niederliegend bis halb aufrecht, mit deutlich sichtbaren Internodien zwischen den Blättern.

A. Pfahlwurzel.

Hierher: *Castilleja nubigena* H. B. K., *Gentiana dilatata* Griseb., *G. armerioides* Griseb., *Crucif. gen.* (4), *Lupinus* cfr. *prostratus* Ag.

B. Zahlreiche gleichstarke Faserwurzeln.

Hierher: *Aciachne pulvinata* Bth. (*Gramin.*), *Poa* spec., *Oxalis pygmaea* A. Gr., *Cerastium* spec., *Iridac.* (44), *Poa* spec., *Luzula macusaniensis* G. Steud. et Buch., *Bromus* spec. aff. *Br. mollis* Kth.

IV. Stamm größtenteils oberirdisch, mit niederliegenden Ausläufern.

Hierher: *Alchemilla pinnata* R. et P., *Stachys repens* Mart. et Gal.

V. Stamm teils unterirdisch, teils oberirdisch. Der oberirdische Teil ein aufrechter, hoher (bis 1/2 m) beblätterter Stengel mit deutlich sichtbaren Internodien.

Hierher: *Culcitium canescens* (56), *Dejeuxia intermedia* Presl.

2. Sträucher.

I. Stamm größtenteils unterirdisch. Über der Erde nur Kurztriebe.

Hierher: *Ephedra americana* var.

II. Stamm größtenteils oberirdisch. Über der Erde Lang- und Kurztriebe.

A. Stamm niederliegend.

a. Eine Pfahlwurzel.

α. Zweige nicht bewurzelt.

Hierher: *Bartsia peruviana* Walp.

β. Zweige bewurzelt.

Hierher: *Astragalus* spec. (22).

b. Zahlreiche Wurzeln, zum Teil aus den Zweigen entspringend.
Hierher: *Baccharis serpyllifolia* Dcne., *Senecio* spec. (54).

B. Stamm aufrecht.
Hierher: *Chuquiragua rotundifolia* Wedd., *Tetraglochin strictum* Poepp.

Unter allen diesen Gruppen von Wachstumsformen ist keine so stark vertreten wie die unter I. I. A. a. angeführte, zu welcher etwa ein Drittel sämtlicher von mir untersuchten Arten gehören. Es soll diese Gruppe etwas ausführlicher besprochen werden. Die vertikale Hauptwurzel ist rübenförmig, wenig verzweigt und verhältnismäßig lang (bis 30 cm); ihr oberes Ende befindet sich in erheblicher Entfernung von der Erdoberfläche; aus demselben erhebt sich ein mehr oder weniger verzweigter Sproß, dessen unterirdische Teile blattlos sind und das Aussehen von Wurzeln zeigen, dessen kurze oberirdische Endigungen von je einer Rosette dicht gedrängter Blätter verhüllt werden. Je älter der Zweig ist, desto länger ist sein unterirdisches Stück. Da die einzelnen Zweige annähernd vertikal gegen die Erdoberfläche gerichtet sind, so scharen sich die Rosetten zu Rasen oder Polstern zusammen. Die Knospen, welche die Anlagen von Zweigen bilden, entstehen unter der Erde oder doch unterhalb der Laubblattrosette, sehr häufig dicht an der Basis ihrer Muttersprosse; daher kommt es, daß ältere Pflanzen vielfach den Eindruck erwecken, als ob aus ihrem Wurzelhalse mehrere Sprosse gleicher Ordnung in Quirlstellung hervorwüchsen. Eine Modifikation dieses Typus besteht darin, daß der Stamm unverzweigt bleibt, also nur eine Blattrosette zur Ausbildung gelangt. Pflanzen, welche sich so verhalten (z. B. *Plantago Weberbaueri* Pilger, manche Individuen von *Calandrinia acaulis* Kth.) bleiben somit zeitlebens auf einer Stufe stehen, welche bei den anderen nur ein vorübergehender Zustand, eine Jugendform ist.

Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel ist zwar nicht immer deutlich zu erkennen (namentlich nicht bei den unverzweigten Formen), häufig genug indes durch verfaulte Blattreste, oder durch die Ansatznarben der Blattstiele, oder durch das Auftreten von Seitenzweigen, welche an der Basis ihrer Muttersprosse entspringen, angezeigt. In allen diesen Fällen sieht man, daß, wie bereits erwähnt, das obere Ende der Wurzel sich in beträchtlicher Entfernung von der Erdoberfläche befindet. Diese Tatsache führt, namentlich unter Berücksichtigung des Auftretens von Blattresten an den unterirdischen Stammteilen, zu der Annahme, daß sich die Wurzeln dieser Pflanzen in einer gewissen Zone, die ihr Längenwachstum beendet hat, verkürzen und hierdurch den Stamm in die Erde ziehen. Bekanntlich hat man diese Erscheinung gerade an rübenförmigen Wurzeln (z. B. *Daucus Carota*) beobachtet. Die biologische Bedeutung jener Versenkung des Wurzelhalses liegt für die hochandinen Pflanzen offen-

bar darin, daß die Anlage von Stammknospen unter der Erde, also in geschütztem Medium, begünstigt wird. Übrigens werden auch die Stämme der Gruppe 1. I. A. b., welche mit zahlreichen gleichstarken Faserwurzeln besetzt sind und an ihrem unteren Ende allmählich absterben, von ihren Wurzeln abwärts gezogen; sie zeigen bis zur Basis deutliche Blattstielreste.

Obige Übersicht der wichtigsten physiognomischen Typen, welche hauptsächlich die Gesamterscheinung der Pflanze berücksichtigte, ist durch einige Bemerkungen über die einzelnen Organe zu ergänzen.

Wurzel.

Wiewohl kräftige rübenförmige Wurzeln sehr häufig vorkommen, so erreichen sie doch im allgemeinen nicht jene auffällige Dicke, die man an typischen Speicherorganen zu sehen gewohnt ist, vor allem im Vergleich mit ihrer Länge, welche weit mehr in die Augen fällt. Ihre Konsistenz ist auch mehr holzig als fleischig.

An Pflanzen mit Pfahlwurzeln kommt es nicht selten vor, daß ein oder der andere Seitensproß seine eigene Pfahlwurzel ausbildet; mitunter ist dies bereits ein Seitenzweig des primären Sprosses, und wenn ersterer an der Basis des letzteren entspringt, so erweckt die Pflanze den Eindruck, als seien zwei Individuen an ihren Wurzelhälsen verwachsen.

Eine bemerkenswerte Erscheinung ist das häufige Vorkommen von horizontal wachsenden Wurzeln. An manchen Zweigen des Compositenstrauches *Baccharis serpyllifolia* Dcne. sieht man fast sämtliche Wurzeln die horizontalen Richtung einschlagen und zwar ihre Enden der Zweigspitze zugewendet. Bei der Umbellifere *Azorella crenata* Pers. entstehen solche horizontalen Wurzeln vorzugsweise in den obersten Teilen der Zweige dicht unter den Blattrosetten; sie erreichen nicht die Dicke der vertikalen Pfahlwurzel, übertreffen sie aber häufig an Länge; die Maximaldicke ist die eines Federkieles, die Länge überschreitet nicht selten 30 cm. Auf ganz erstaunliche Entfernungen erstrecken sich die Horizontalwurzeln des niederliegenden Strauches *Ephedra americana*. Eine horizontale Wurzel von 4 m Länge habe ich selbst ausgegraben; es kommen indes noch weit größere vor. Anfangs glaubte ich, daß es sich um unterirdische Stammausläufer handele, bis es mir schließlich gelang, das Organ bis zu seiner feinen Endigung, welche sich ein wenig abwärts senkte, zu verfolgen.

Die Erklärung dieser auffälligen Erscheinung suche ich in thermischen Verhältnissen, indem ich von der Annahme ausgehe, daß an der Bodenoberfläche, wo dieselbe von Rasen bedeckt wird, die Durchschnittstemperatur höher ist als in tieferen Erdschichten. Die letzteren empfangen noch das Schmelzwasser des tauenden Schnees, nachdem derselbe an der Erdoberfläche längst verschwunden ist, und durch das gleichzeitige Steigen der Lufttemperatur erwärmt sich die Oberfläche eher und nachhaltiger als

die Tiefen. Der Wärmeausstrahlung des Bodens aber, welche sich hauptsächlich an der Oberfläche vollzieht, wirken die dichtgedrängten Blätter der Rosetten, Rasen und Polster entgegen, welche das Erdreich über den Wurzeln bedecken. Zudem kann in der eigentlichen Vegetationszeit die Wärmeausstrahlung des Bodens keine sehr bedeutende sein, da der Himmel fast andauernd stark bewölkt ist. Durch die anhaltend niedrige Bodentemperatur wird aber den Spitzen der längeren vertikalen Wurzeln die Tätigkeit der Wasseraufnahme erschwert, und daher ist es vorteilhaft, daß diese Funktion gleichzeitig von horizontalen Wurzeln, welche in wärmeren Bodenschichten bleiben, übernommen wird.

Stamm.

Bemerkenswert ist das sparsame Vorkommen von Zwiebel- und Knollengewächsen, die ich nur in je einer Art vorfand. Wohl an keiner der untersuchten Pflanzen werden unterirdische Stämme so dick wie bei *Culcitium canescens*, welche ein daumenstarkes, horizontales bis schiefes Rhizom besitzt. Diese Pflanze nimmt auch insofern eine Sonderstellung in der hochandinen Flora ein, als sie krautige beblätterte Stengel entwickelt, welche aufrecht wachsen und eine relativ bedeutende Höhe (bis $^1/_2$ m) erreichen; überdies dauern dieselben fast das ganze Jahr hindurch aus. Das stark entwickelte Rhizom erscheint somit als ein Speicherorgan, welches diesen ungewöhnlichen Ansprüchen an die Wasserversorgung entspricht.

Die liegenden Rhizome anderer Pflanzen überschreiten kaum die Dicke eines Federkieles.

Etwas stärker als diese liegenden, mit zahlreichen Wurzeln besetzten Rhizome werden die aufrechten unterirdischen Stämme jener Pflanzen, welche eine Pfahlwurzel besitzen: Die Arbeit, welche die eine Pfahlwurzel zu leisten hat, wird bei starker Verzweigung des Stammes so beträchtlich, daß es vorteilhaft erscheint, wenn auch dieser zur Wasserspeicherung eingerichtet ist.

Blatt.

Nur bei einer Pflanze (*Ephedra*) fehlen grüne Laubblätter und wird die Assimilation von den Zweigen besorgt.

Laubblätter, welche vertikal gestellt und gleichzeitig eben sind, kommen nur selten vor (z. B. bei *Alternanthera lupulina* Kth. und *Baccharis serpyllifolia* Dcne.). Dagegen sind schräg aufgerichtete Blätter häufiger. In biologischer Hinsicht interessant ist die Tatsache, daß bei der großen Mehrzahl aller untersuchten Pflanzen einzelne Teile des Blattes, namentlich die Ränder sich aufwärts richten und auf diese Weise oberseitige oder kantenständige Gruben oder Rinnen geschaffen werden. Es kehrt diese Erscheinung in größter Mannigfaltigkeit bei den verschiedensten Blattformen wieder. Sie findet sich an einfachen Blättern und an zusammen-

gesetzten, sowie an den mannigfachen Übergangsformen zwischen beiden. Im einfachsten Falle zeigt das Blatt nur eine sanfte Wölbung mit aufwärtsschauender Konkavität. Weit ausgeprägter ist die oberseitige Aushöhlung an den einfachen ganzrandigen Blättern der Crucifere *Eudema* spec. (30) und einiger anderer Pflanzen: hier ist die Spreite längs dem Mittelnerv zusammengefaltet, so daß die Blatthälften einander stark genähert und nahezu parallel sind. In anderen Fällen (z. B. bei *Senecio repens* DC.) richten sich die Ränder nicht ihrer ganzen Länge nach, sondern nur teilweise auf, so daß sie wellig oder gekräuselt verlaufen. Bei verschiedenen zusammengesetzten oder stark geteilten Blättern (z. B. bei *Alchemilla pinnata* R. et P. und *Oreomyrrhis andicola* Endl.) nehmen unter den Teilblättchen oder Abschnitten einzelne eine horizontale, andere eine vertikale Lage, wieder andere mannigfaltige Zwischenstellungen ein, in der Weise, daß an der Oberseite ein reich gegliedertes System von Gruben und Rinnen gebildet wird. Es ist bemerkenswert, daß sich von vielen der hierher gehörigen Pflanzen die nahe verwandten Formen tieferer Regionen u. a. durch ihre ebenen Blätter unterscheiden. Dies gilt beispielsweise für manche *Lupinus*-, *Astragalus*- und *Geranium*-Arten. Die Bildung oberseitiger Vertiefungen kommt auch noch in anderer Weise zu stande. Die Blätter der *Valeriana Pl.* 1 sind so gewölbt, daß die Höhlung nach unten schaut; aber während die Blattunterseite glatt ist, zeigt die Oberseite eine runzelige Beschaffenheit, ein reichverzweigtes System von Furchen. Bei einer Umbellifere (63) sind mehrere tiefe Längsfurchen, bei einer Violacee (62) zahlreiche Gruben, gebildet durch ein Netz von stark vorspringenden Gewebeleisten, an der Blattoberseite sichtbar; die Blattunterseite ist in beiden Fällen durchaus eben. In der merkwürdigsten Weise jedoch vollzieht sich die Zerklüftung der Blattoberseite an einer *Valeriana* Sect. *Phyllactis* (27): hier erheben sich oberseits (aber auch nur oberseits!) eigentümliche grüne Auswüchse in Form von Höckern, Kegeln oder Platten, welche so groß sind, daß sie dem unbewaffneten Auge sofort auffallen. Als ich diese Auswüchse zum ersten Male erblickte, hielt ich sie für krankhafte, durch Insektenstiche hervorgerufene Wucherungen.

Bezüglich ihrer biologischen Funktion sind jene Gruben und Gänge als Sammelvorrichtungen für Wasser anzusprechen, welches von den Blättern aufgenommen wird. Daß eine solche Wasseraufnahme durch halbwelke Blätter tatsächlich stattfindet, habe ich an mehr als 40 von den untersuchten Arten (einige 60) experimentell festgestellt. Es wird sich später ergeben, daß noch verschiedene andere Einrichtungen mit der Wasseraufnahme seitens der Blätter in Zusammenhang stehen, und daß für die hochandinen Pflanzen die Fähigkeit ihrer Blätter, Wasser aufzunehmen, von erheblichem Vorteil ist. —

Auch die Blätter der fünf untersuchten Gräser, *Dejeuxia intermedia* Presl, *Aciachne pulvinata* Bth., *Bromus* spec. *affinis Br. mollis* Kth.

21), *Poa* spec. (24), *Poa* spec. (29) sind mit oberseitigen Vertiefungen versehen. Da jedoch hier die Blattoberseiten unbenetzbar sind, so kann es sich nicht um Einrichtungen zur Wasseraufnahme handeln, sondern nur um Bergung der Spaltöffnungen. Es gehören nämlich alle diese Gräser zu jenen in Steppengebieten so häufig beobachteten Formen, deren Blätter oberseitige, an Spaltöffnungen reiche Längsrinnen aufweisen und die Fähigkeit besitzen, sich bei trockenem Wetter derartig zusammenzufalten oder zu rollen, daß die Oberseite verdeckt wird, bei feuchtem Wetter hingegen auszubreiten.

Vergleicht man die Blätter der hochandinen Pflanzen mit Rücksicht auf ihre Bekleidung, so fällt zunächst die große Zahl völlig kahler Blätter auf. Von den untersuchten Pflanzen ist der vierte Teil kahlblättrig (*Gentiana sedifolia* Kth., *Chuquiragua rotundifolia* Wedd., *Gentiana armerioides* Griseb., *Astragalus* spec. (22), *Viola* spec. aff. *V. granulosa* Wedd. (28), *Arenaria dicranoides* Kth., *Pycnophyllum* spec. (32), *Tetraglochin strictum* Poepp., *Baccharis serpyllifolia* Dcne, *Valeriana alypifolia* H. B. K., *Arenaria Alpamarcae* A. Gr., *Gentiana dilatata* Griseb., *Calandrinia acaulis* Kth.). Diesen kahlen Blättern reiht sich eine beträchtliche Zahl von solchen an, deren Haare so entfernt stehen, oder auf so kleine Flächen (Blattränder, Blattnerven) beschränkt sind, daß sie weder gegen Benetzung der Spaltöffnungen, noch gegen schädliche Wärmeschwankungen, noch gegen übermäßige Transpiration als Schutzmittel in Betracht kommen können (*Valeriana* spec. (1), *Alternanthera lupulina* Kth., *Azorella crenata* Pers., *Weberbauera andina* Hieron., *Melandryum* spec. (9), *Oxalis pygmaea* A. Gr., *Peperomia parvifolia* C. DC., *Perezia coerulescens* Wedd., *Campanulac.* gen. (51), *Oenothera multicaulis* R. et Pav., *Senecio repens* DC.). Gleichzeitig ist zu bemerken, daß Wachs in einer Menge, welche sich schon dem unbewaffneten Auge als grauer Überzug bemerkbar macht, nur in sehr wenigen Fällen (besonders an der Blattunterseite von *Tetraglochin strictum* Poepp., eines der beiden aufrecht wachsenden Sträucher und an der Blattoberseite der Gräser) beobachtet wurde.

Pflanzen, deren Blätter sich in ein so starkes Haarkleid hüllen, daß sie eine weiße oder graue Farbe zeigen, sind in nur geringer Zahl vorhanden (*Geranium sericeum* Willd., *Draba Pickeringii* A. Gr., *Plantago Weberbaueri* Pilger, *Lucilia piptolepis* Wedd. *Culcitium canescens*, *Senecio antennaria* Wedd.). Gegen Ende der Hauptregenperiode erscheinen allerdings noch mehrere andere stark behaarte Formen. Das mächtigste Haarkleid zeigt unter allen diesen *Culcitium canescens*, welches ganz in weiße Wolle gehüllt erscheint; es wurde bereits früher auseinandergesetzt, daß gerade diese Pflanze ausgiebigen Transpirationsschutzes bedarf.

Noch seltener als starke gleichmäßige Behaarung ist der Fall eines deutlichen Überwiegens der Haarbekleidung an der Blattunterseite; unter den untersuchten Pflanzen zeigt keine diese Eigentümlichkeit; doch

beobachtete ich sie an einigen wenigen Arten, welche nicht in Blüte standen.

Verschiedene Pflanzen von mittelstarker oder schwacher Bekleidung ihres Laubes verhalten sich dadurch sehr merkwürdig, daß die Oberseite ihrer Blätter stärker behaart ist als die Unterseite (*Malvastrum pichinchense* A. Gr., *Geranium* cfr. *sessiliflorum* Cav., *Campanulac* gen. (51), *Galium hirsutum* R. et P., *Senecio repens* DC.), oder gar sich die Behaarung auf die Oberseite beschränkt, während die Unterseite kahl bleibt (*Malvastrum stenopetalum* A. Gr., *Alchemilla pinnata* R. et P., *Valeriana* spec. (27), *Hypochoeris sonchoides* Kth. var. *fibrillosa* Hieron. *Eudema* spec. (34)). Ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich auch diese Erscheinung als Vorrichtung zu Gunsten der Wasseraufnahme deute. Inwieweit die Haare als wasseraufnehmende oder lediglich als wasserfesthaltende Organe zu betrachten sind, soll im anatomischen Teile entschieden werden.

In der Konsistenz der Blätter verhalten sich die meisten subandinen Pflanzen insofern übereinstimmend, als jene Organe im Verhältnis zu ihrer Größe ziemlich dick sind, dabei aber zart, mehr fleischig als lederig.

Reproduktive Organe.

Eingehendere Studien über diese behalte ich mir für spätere Zeit vor.

Blüte.

Die Blüten und die Blütenköpfe der Compositen sind zumeist sitzend oder so kurz gestielt, daß der Stiel zwischen den benachbarten Blättern verborgen bleibt. Wo deutlich sichtbare Stiele vorkommen, erreichen sie selten die Länge von 10 cm; Stiele, welche dieser Länge nahekommen, pflegen niederzuliegen, sich dem Boden anzuschmiegen. Wenn man von den Köpfen der Compositen und *Valeriana*-Arten absieht, so trifft man nur armblütige Inflorescenzen und noch häufiger einzeln stehende Blüten. Die relativ bedeutende Größe und gesättigte Färbung der Blumenkronen, welche in der Hochgebirgsvegetation Europas so häufig wiederkehrt, zeigen nur wenige Arten der hochandinen Flora. *Malvastrum pichinchense* A. Gr., *Ranunculus Lechleri* Schlecht., *Astragalus* spec. (22), *Geranium sericeum* Willd. bieten Beispiele für relativ große Kronen. Dagegen sind die Kronen von *Cerastium* spec. (38) und anderen Caryophyllaceen (*Arenaria dicranoides* Kth., *Pycnophyllum* spec. (32), *Arenaria Alpamarcae* A. Gr., sowie die von *Castilleja nubigena* H. B. K. kürzer als der Kelch, oft in diesem versteckt, und in den kleinen verborgenen Dolden der Umbelliferen *Azorella crenata* Pers. und *Oreomyrrhis andicola* Endl. sind die Kronenblätter winzig, unscheinbar und rasch vergänglich.

Was die Blütenfarben anbelangt, so scheinen weiß, gelb, blau und

violett vorzuherrschen, scharlachrot häufiger, purpur und rosa seltener zu sein als im europäischen Hochgebirge.

Deutliche Dichogamie bemerkte ich an der protandrischen *Gentiana sedifolia* H. B. K., an der protogynischen *Luzula macusaniensis* G. Steud. et Buch. und einigen anderen Arten, Diöcie an dem niederliegenden Compositenstrauche *Baccharis serpyllifolia* Dcne.

Daß Selbstbestäubung häufig vorkommt, möchte ich schon jetzt annehmen, trotzdem ich die blütenbiologischen Verhältnisse noch nicht eingehend studiert habe. Die Insektenfauna ist arm und besteht hauptsächlich aus kleinen Fliegen und Käfern. Von Tagschmetterlingen lernte ich zwei Arten, von Nachtschmetterlingen einige kleine Eulen kennen. Hummeln habe ich beobachtet, dagegen Bienen und Wespen vergeblich gesucht. Die Wetterverhältnisse, welche in der Zeit herrschen, wo die meisten Blüten erscheinen, starke, anhaltende Bewölkung des Himmels und überaus häufige Schnee- und Hagelfälle sind dem Insektenverkehr in Blüten wenig günstig. Den Gefahren, welche durch jene Niederschläge für die zarten Staubblätter und Narben entstehen, wirken Schutzeinrichtungen entgegen, welche auch anderwärts in ähnlicher Form beobachtet worden sind. Es mag genügen auf einige Beispiele hinzuweisen. Die Bergung der zarten Blütenteile (Krone, Staub- und Fruchtblätter) in den derberen Kelch wurde bereits erwähnt. Die *Gentiana sedifolia* H. B. K. öffnet ihre Blüten nur im Sonnenschein oder doch bei hellem Wetter und schließt sie sofort, wenn der Himmel sich stark verdunkelt und Niederschläge bevorstehen. Nach einem heiteren Vormittage bewölkte sich der Himmel, und zwischen 1 und 2 Uhr nachmittags war die Sonne bald frei bald von Wolken bedeckt, in fortwährendem Wechsel; als dann die Bewölkung sehr stark geworden war und Hagelkörnchen zu fallen begannen, beobachtete ich zwei geöffnete Blüten jener *Gentiana* mit der Uhr in der Hand: ich konnte die Bewegung des Zusammenlegens der Kronenzipfel verfolgen und sah binnen zwei Minuten die Kronen geschlossen wie im Knospenzustand. Analog verhält sich *Malvastrum pichinchense* A. Gr. Die Blüten anderer *Gentiana*-Arten (*G. armerioides* Griseb. und *G. dilatata* Griseb.) verharren stets in nahezu geschlossenem Zustande: auch im hellsten Sonnenscheine sind die Kronenzipfel auf ihrer Außenseite stark gewölbt und ihre Enden so dicht zusammengeneigt, daß nur eine winzige Öffnung an der Spitze der Krone vorhanden ist.

Frucht und Same.

Früchte, die durch fleischige Hüllen zur Verbreitung durch Tiere geeignet erscheinen, kenne ich nur von *Ephedra*. Mit Flugapparaten ausgerüstet sind die Früchte der *Valeriana*-Arten und verschiedener Compositen.

Da die meisten Früchte dicht am Boden reifen, häufig überdies eingeschlossen im Laubwerk der Rosetten, so darf man behaupten, daß aller-

meist eine Fortführung der Samen aus der unmittelbaren Nähe der Mutterpflanze ausgeschlossen ist. Bekanntlich sind oberirdische Stengelorgane oder längere Stiele selten, und wo sie vorkommen, wachsen sie gewöhnlich nicht aufrecht, sondern schmiegen sich mehr oder weniger dem Boden an. Vielleicht sind solche niederliegenden, fruchttragenden Stengelorgane und Stiele direkt als Einrichtungen aufzufassen, durch welche die Samenaussat in einiger, wenn auch sehr geringer Entfernung von der Mutterpflanze gesichert wird; für diese Auffassung spricht der Umstand, daß manche von jenen niederliegenden Stengeln und Stielen, nachdem sie Früchte angesetzt haben, fortfahren, in horizontaler Richtung sich zu verlängern (*Ranunculus Lechleri* Schlecht., *Crucif.* gen. (4), *Oreomyrrhis andicola* Endl.). In anderen Fällen aber wird eine Fortführung der Samen direkt verhindert, und dieselben gelangen in das geschützte Keimbett unter dem Laubwerk der Mutterpflanze. Die stiellosen Blüten von *Calandrinia acaulis* Kth. entstehen in den Achseln der ersten Rosettenblätter am Beginn der Vegetationsperiode; die Früchte, welche sich aus ihnen entwickeln, werden von den später entstehenden Blättern der Rosette verdeckt; ein kurzer Fruchtstiel wächst heran, krümmt sich abwärts und drückt die Frucht an die Erde, wo ihre zarte Hülle verfault und die Samen frei werden.

Die ungünstigen Bestäubungsverhältnisse einerseits, die so häufig wiederkehrende reiche Verzweigung unterirdischer oder zu oberirdischen Polstern zusammengedrängter Stammorgane andrerseits führen zu der Vermutung, daß vielfach ausgiebige vegetative Vermehrung einen Ersatz für die mangelhafte Fortpflanzung auf geschlechtlichem Wege darstellt. Tatsächlich ist auch die Blütenproduktion gerade gewisser Polster- und Rosettenpflanzen eine auffällig geringe.

Lebensdauer und Periodizität der hochandinen Pflanzen.

Zu den langlebigen Gewächsen gehören natürlich in erster Linie sämtliche Sträucher. Ferner unterliegt es keinem Zweifel, daß alle jene Kräuter, aus deren stark verzweigten Stämmen sich ausgedehnte Rasen oder Polster entwickeln, viele Jahre hindurch lebend bleiben. Die ältesten Teile derselben pflegen in der Mitte zu liegen, und wenn sie absterben, erhält das Polster die Form eines Ringes. — Von kürzerer Lebensdauer dürften hingegen solche Kräuter sein, welche sich nur wenig oder gar nicht verzweigen (z. B. *Calandrinia acaulis* Kth., *Hypochoeris sonchoides* Kth., *Plantago Weberbaueri* Pilger, *Malvastrum stenopetalum* A. Gr.), bei denen gewöhnlich nur eine einzige Blattrosette auftritt, ferner Pflanzen mit zartem hauptsächlich oberirdischem Stämmchen und feinem, reich verzweigtem Wurzelsystem (wie *Oxalis pygmaea* A. Gr. und *Cerastium* spec. (38)). Jedenfalls scheint es, als ob kurzlebige Gewächse hier weniger selten seien als in den europäischen Hochgebirgen. Diese Erscheinung wird verständlich,

wenn man die klimatischen Verhältnisse in Betracht zieht. Es fehlt eben in den tropischen Anden eine Jahreszeit, welche einen so ausgeprägten und langen Stillstand des vegetativen Lebens herbeiführt, wie der europäische Winter mit seinen niedrigen Temperaturen und anhaltender, starker Schneebedeckung; einjährige Pflanzen sind somit auch kaum der Gefahr ausgesetzt, daß es ihren Samen an Zeit zum Reifen mangelt. Das Fehlen schroffer jahreszeitlicher Gegensätze erschwert auch die Entscheidung der Frage, wie lange sich jene kurzlebigen Gewächse erhalten, ob sie »einjährig«, »zweijährig« usw. sind. Wahrscheinlich herrscht in dieser Beziehung einige Unbeständigkeit, je nach dem früheren oder späteren Eintritt der Trockenzeit, ihrer häufigeren oder selteneren Unterbrechung durch Niederschläge und nach dem Standort; oft mag auch ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Individuen ein und derselben Art in Betracht kommen.

Da die klimatischen Verhältnisse der Hochandenregion Perus so wesentlich abweichen von denen der europäischen Alpenwelt, so überrascht es nicht, daß auch im Erscheinen und Verschwinden des Laubes Verschiedenheiten zu Tage treten. Diese Vorgänge vollziehen sich in der Vegetation der peruanischen Puna nicht plötzlich, nicht an den meisten Pflanzen gleichzeitig. Vielmehr ist die Dauer des Laubes bei der einen Art eine längere, bei der andern eine kürzere, je nach dem Transpirationsschutz und der Beschaffenheit der Stammorgane, und auch die Individuen verhalten sich ungleich je nach dem feuchteren oder trockneren Standort. Die Pflanzendecke erscheint daher auch dann, wenn die Trockenperiode ihren Höhepunkt erreicht hat, nicht abgestorben, sondern nur weit lückenhafter als während der feuchten Jahreszeit. Zu den immergrünen Formen gehört z. B. die strauchige Composite *Baccharis serpyllifolia* Dcne. Auch die hohen Büschel des Grases *Deyeuxia intermedia* Presl und die Polster des Grases *Aciachne pulvinata* Bth. sind das ganze Jahr hindurch grün, wenigstens an vielen Standorten. Die Sträucher *Tetraglochin strictum* Poepp. und *Chuquiragua rotundifolia* Wedd. entlauben sich nur für sehr kurze Zeit (2—3 Monate) völlig.

Etwas enger begrenzt ist die Periode der Blütenbildung. Die allermeisten Arten beschränken die Produktion von Blüten auf die Monate Januar bis März. Doch sah ich noch Ende Mai des ziemlich trockenen Jahres 1903 auf den Hochanden von Huaraz zahlreiche Pflanzen in Blüte.

III. Anatomisches (Grundzüge der Blatt-Anatomie).

Das mechanische System.

Bei 5/6 aller untersuchten Pflanzen fehlen mechanische Gewebe in den Blättern vollständig. Die kleinen, im Verhältnis zu ihrer geringen Länge

und Breite ziemlich dicken Blätter bedürfen offenbar keiner besonderen Gewebe zur Herstellung von Biegungsfestigkeit und Schubfestigkeit, zumal sie sich so dicht am Boden befinden und daher dem Winde nur in beschränktem Maße ausgesetzt sind. Durch ihren Turgor und relativ starke Außenwände der Epidermiszellen an den Rändern werden sie genügend gefestigt. Schädliche Gewebezerrungen infolge von Turgorschwankungen können deshalb nur wenig in Betracht kommen, weil, wie früher gezeigt wurde, in der eigentlichen Vegetationszeit hohe und anhaltende Feuchtigkeit herrscht.

Einer nicht unwesentlichen mechanischen Einwirkung aber sind gerade die Blätter der hochandinen Pflanzen unterworfen: dem Anprall der Hagelkörner. In den Niederschlagstabellen wurde für die Zeit von $1\frac{1}{2}$ Monat fast täglich Hagel notiert. Die Körner überschritten zwar nicht, erreichten aber doch häufig die Größe einer Erbse. Wer das Geräusch vernommen hat, mit welchem sie an Wellblechdächer schlagen und ihren Anprall an Gesicht und Händen gefühlt hat, wird nicht bezweifeln, daß sie an zarten Blattorganen erhebliche Stoßkräfte entfalten. Vielleicht verhalten sich die Blätter vermöge ihrer relativ beträchtlichen Dicke wie gleichmäßig elastische Polster, welche die Wirkung jener Stöße abschwächen.

Zu den Pflanzen, deren Blätter mit mechanischem Gewebe versehen sind, gehören sämtliche untersuchten Gräser und die in biologischer Hinsicht den Gräsern nahestehende *Luzula macusaniensis* G. Steud. et Buch. *Aciachne pulvinata* Bth., ein Gras, welches niedrige, dichte Polster bildet, zeigt zwei kontinuierliche Schichten mechanischer Zellen über der unteren Epidermis; die übrigen aber, deren schmale und verhältnismäßig lange Blätter sich höher erheben, sind biegungsfest gebaut. Es ist zu berücksichtigen, daß diese Pflanzen auch in der trockenen Periode, wenngleich nicht durchweg bis zu deren Höhepunkt, ihre Blätter lebend erhalten. Letzteres gilt auch von dem aufrechten Compositenstrauch *Chuquiragua rotundifolia* Wedd., in dessen kleinen derben Blättern zwei starke subepidermale Randrippen und eine gleichfalls subepidermale Rippe unter dem medianen Leitbündel auftreten, ferner von dem kriechenden Compositenstrauch *Baccharis serpyllifolia* Dcne., der jedoch nur einen schwachen beiderseitigen Belag des medianen Bündels aufweist.

Das Vorhandensein von schwachen beiderseitigen mechanischen Rippen an den stärkeren Leitbündeln bei *Plantago* und von oberseitigen bei einer Umbellifere (63) ist möglicherweise lediglich eine Vererbungserscheinung.

Das Hautsystem.

Die geringe Verdickung der Epidermis-Außenwand, welche vielfach nicht stärker ist als die Seiten- und Innenwände, darf als ein Charakterzug der hochandinen Vegetation angesehen werden, da nur sehr wenige Formen hierin eine Ausnahmestellung einnehmen und zwar durchweg solche, die ihre Blätter während des ganzen Jahres oder

doch durch den größten Teil desselben behalten. Diese Pflanzen sind: *Chuquiragua rotundifolia* Wedd. (aufrechter Strauch), *Tetraglochin strictum* Poepp. (aufrechter Strauch), *Valeriana Aschersoniana* Gräbn. (hochgewölbte, feste Polster bildend), *Deyeuxia intermedia* Presl (halbmeterhohe Büschel bildend), *Aciachne pulvinata* Bth. (Polster bildend). Anhangsweise seien hier auch die assimilierenden Zweige von *Ephedra americana*, einem blattlosen Strauche, erwähnt: ihre Epidermis weist sehr starke Außenwände auf. Die beiden genannten Gramineen (*Deyeuxia intermedia* und *Aciachne pulvinata*) zeigen auf der Blattoberseite weit schwächere (wiewohl immerhin noch relativ starke) Epidermis-Außenwände als auf der Blattunterseite; ein ähnlicher Gegensatz besteht zwischen zwei *Poa*-Arten (24 und 29), nur ist hier die obere Epidermis noch zarter und übertreffen ihre Außenwände an Dicke kaum die Seiten- und Innenwände. Alle diese Gräser besitzen, wie bereits erwähnt, die Fähigkeit, ihre Blätter bei trocknem Wetter einzurollen und hierdurch die Transpiration an der Blattoberseite ganz einzuschränken; hier ist also Zartwandigkeit der Epidermis ungefährlich. Noch an einigen andern Pflanzen bemerkt man unterseits stärkere Epidermis-Außenwände als oberseits. Am schärfsten ist der Unterschied bei der Caryophyllacee *Arenaria dicranoides* Kth. Dieselbe tritt in lockeren Polstern auf, und hierdurch sowie durch ihre winzigen, schuppenförmigen, dicht gestellten, dem Stengel anliegenden Blättchen erhält sie die Tracht eines Mooses. In der unteren Epidermis sind die Außenwände sehr stark, in der oberen ebenso zart wie die Radial- und Innenwände; Haare finden sich nur an den Blattkanten, aber in geringer Zahl. Es ist möglich, daß die dem Stengel oder einem andern Blatte angeschmiegte Blattoberseite schon durch ihre Lage genügenden Schutz gegen Verdunstung erhält. Die Caryophyllacee *Pycnophyllum* spec. (32) besitzt etwa dieselbe Tracht wie die vorige; in ihren völlig kahlen Blättern besteht derselbe Gegensatz zwischen unterer und oberer Epidermis, wenngleich weniger scharf; die Dicke der Außenwände ist auch unterseits keine bedeutende. Dasselbe gilt von den Malvaceen *Malvastrum stenopetalum* A. Gr. und *Malvastrum pichinchense* A. Gr. und von einem *Astragalus* (22): beiderseits schwache Außenwände, aber unten stärkere als oben. Bei *Malvastrum stenopetalum* A. Gr. ist die Blattoberseite behaart, die Unterseite kahl, bei *Malvastrum pichinchense* A. Gr. oberseits die Behaarung weit dichter als unterseits. Es liegt nahe, anzunehmen, daß der Transpirationsschutz, welchen das Haarkleid gewährt, starke Epidermis-Außenwände überflüssig macht. Weniger leicht erklärt sich das Verhalten der *Astragalus*-Art, deren horizontal auf dem Boden ausgebreitete Blätter kahl sind: hier ist ein Zusammenhang jener anatomischen Eigentümlichkeit mit den Transpirationsvorgängen nicht ersichtlich. Aber auch bei den übrigen Pflanzen mit analog gebauter Blattepidermis — von den Gräsern abgesehen — dürften für die anatomische Struktur des Hautgewebes noch andere Faktoren

maßgebend sein. Im folgenden Abschnitt soll diese Frage weiter verfolgt werden.

Das Absorptionssystem.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß die Blätter der allermeisten hochandinen Pflanzen in halbwelkem Zustande Wasser aufzunehmen vermögen und hierdurch wieder turgescent werden. Es ist wahrscheinlich, daß die Blätter auf diese Weise unzureichende Wasserzufuhr aus den Wurzeln decken, wenn deren Tätigkeit durch starke Abkühlung gelähmt wird. Sehr häufig verschwindet die Schneedecke, welche morgens den Boden verhüllt, in den mittleren Tagesstunden, und zwar langsam, bei bedeckter Sonne, durch eine Erhöhung der Lufttemperatur um wenige Grade über Null. Das Schmelzwasser des Schnees sinkt in die Erde, und so kann der Fall eintreten, daß sich die Wurzeln in einem Medium von 0° Temperatur, die Blätter jedoch in einem solchen von mehreren Grad über Null befinden. An einigen Tagen fand ich morgens bei lückenhafter Schneebedeckung oder dem gänzlichen Fehlen einer solchen den Boden gefroren, aber nur an den schneefreien, vegetationslosen oder dürftig bewachsenen Stellen; war Schnee vorhanden, so trat er vorwiegend an dicht bewachsenen Flecken auf; bei geringer Bewölkung sah ich mehrmals die Blätter mit Reif beschlagen. An Stellen, die durch Häuserwände beschattet waren, blieb mitunter der Boden morgens bis 9 Uhr gefroren. Beim Steigen der Lufttemperatur während der mittleren Tagesstunden geht offenbar das Abschmelzen der dünnen Schneedecke oder des Reifbeschlages an den Blättern rascher vor sich als das Auftauen des festgefrorenen Bodens, wenigstens dann, wenn die Einwirkung der Sonnenstrahlen eine geringe bleibt. Auch für diese Fälle steht der Nutzen einer Wasseraufnahme durch die Blätter außer Frage.

Da ich nun andrerseits mit der Möglichkeit rechnete, daß die Wurzeln der hochandinen Pflanzen dem Klima dieser Region derart angepaßt sein könnten, daß sie auch bei relativ niedrigen Temperaturen leistungsfähig seien, suchte ich auf experimentellem Wege zu ermitteln, wie sich bei starker Abkühlung der Wurzeln die Blätter verhalten, wenn sie an der direkten Wasseraufnahme verhindert werden. Ich pflanzte einige Exemplare von *Ranunculus Lechleri* Schlecht. in eine große Kiste und stellte diese unter dem vorspringenden Dache eines Hauses auf, so daß sie für Schnee und Regen unzugänglich blieb. Wiederholt war morgens die Erde in der Kiste gefroren und dann gleichzeitig eine deutliche Erschlaffung der Blätter zu bemerken. Um den Einfluß von schmelzendem Schnee zu beobachten, wurden die in der Mitte der Kiste befindlichen Pflanzen durch vier senkrecht in die Erde gesteckte Pappdeckelstreifen eingezäunt und sodann die Erde außerhalb der letzteren mit Schnee bedeckt. Beim Abschmelzen des Schnees war ein Schlaffwerden der Blätter nicht so sicher

festzustellen, wie im vorerwähnten Falle, doch glaube ich dasselbe auch hier wahrgenommen zu haben. Ich behalte mir weitere Experimente vor.

Die Wasseraufnahme durch abgeschnittene, halbwelke Blätter habe ich wie gesagt an etwa 40 von den untersuchten Pflanzen beobachtet. Die Versuche machte ich in der Weise, daß ich die Blätter mit der Oberseite auf einen Teller legte, dessen Boden mit einer etwa 2 mm hohen Wasserschicht bedeckt war. Die Stiele ragten frei in die Luft, ihre Schnittfläche wurde häufig, besonders wenn sie kurz waren, mit Asphaltlack verklebt. Sehr kleine Blätter wurden an der Schnittstelle mit Asphaltlack auf einen Papierstreifen geklebt und so in Wasser gebracht. Unter den zahlreichen Versuchen dieser Art verdienen zwei eine etwas ausführlichere Besprechung. Angewelkte Blätter von *Ranunculus Lechleri* wurden mit der Oberseite auf eine dünne Wasserschicht gelegt, wobei die Unterseite zu einem großen Teile unbenetzt blieb, und die Stiele, an der Schnittstelle mit Asphaltlack geschlossen, frei in die Luft ragten; bald war die Turgescenz wieder hergestellt; tagsdarauf wurden sie aus dem Wasser herausgenommen, zum Welken gebracht und wieder in Wasser gelegt, worauf sie abermals ihre Turgescenz wiedererlangten. Zehn Tage hindurch setzte ich das Experiment in gleicher Weise fort, und zehnmal gelang es, denselben Blättern das verlorene Wasser zurückzugeben. Ich will allerdings zugeben, daß der Versuch nicht ganz einwandsfrei ist, daß sich möglicherweise durch Fäulnis offene Stellen in der Epidermis gebildet haben können, und so das Eindringen von Wasser erleichtert worden ist. Indes traten erst während der letzten drei Tage einige braune Fleckchen an den Blättern auf, bis dahin zeigten sie ein durchaus frisches Aussehen. Interessantere Ergebnisse hatte ich mit einer *Valeriana* (1), deren Blätter dick und fleischig, fast sukkulent sind. Abgeschnittene unbeschädigte Blätter dieser Pflanze blieben drei Tage lang an der Luft liegen, wobei sie schließlich stark zusammenschrumpften und ein runzeliges Aussehen erhielten. Ich legte sie sodann mit der Oberseite auf eine dünne Wasserschicht und sah sie nach 24 Stunden wieder so turgescent, daß sie von den frisch gepflückten nicht zu unterscheiden waren.

Um nun zu untersuchen, in welcher Weise die Wasseraufnahme seitens der Blätter sich vollzieht, hat man zu unterscheiden zwischen Einrichtungen zum Sammeln und Festhalten von Wasser und solchen, welche den Eintritt in das Blattgewebe ermöglichen.

Die Einrichtungen der ersten Art wurden bereits im morphologischen Teile besprochen, als von den oberseitigen Gruben und Rinnen und von der Behaarung, die sich nicht selten auf die Blattoberseite beschränkt, die Rede war.

Es bedarf nunmehr noch das Wesen des Absorptionsprozesses einer Erläuterung. Etwa der vierte Teil aller untersuchten Pflanzen besitzt völlig kahles Laub; an fünf von diesen Arten wurde die Wasseraufnahme

durch welke Blätter experimentell festgestellt. Gegen eine Absorption durch die Schließzellen der Spaltöffnungen sprechen gewichtige theoretische Gründe. Somit ergibt sich als Absorptionsgewebe die Epidermis; bei horizontal oder annähernd so gestellten breiteren Blättern handelt es sich natürlich nur um die Epidermis der Oberseite. — Diesen völlig kahlen Blättern reiht sich eine große Zahl solcher an, die so spärlich behaart sind, daß auch dann, wenn ihre Trichome dem anatomischen Baue nach zur Absorption von Wasser geeignet erscheinen, ohne Mitwirkung der Epidermis die Turgescenz schwerlich wieder hergestellt werden könnte. Hierher gehört z. B. die *Valeriana* (1), deren Blätter, wie bereits erwähnt, auch nach dreitägigem Liegen an der Luft durch Wasseraufnahme wieder turgescent werden; hier finden sich Haare nur an den unteren Randpartien und am Stiel (von ihrem Bau soll später die Rede sein). Das Blatt ist stark gewölbt, seine Höhlung dem Boden zugekehrt. Bei den Versuchen betreffend die Wasseraufnahme wurde es indes derartig auf eine dünne Wasserschicht gelegt, daß nur der mittlere Teil der Oberseite sich mit dem Wasser, die Ränder aber, die Unterseite und der Stiel sich mit der Luft in Berührung befanden. — Endlich ist auch noch für eine Anzahl Arten mit stärker behaartem Laub eine Wasseraufnahme seitens der Epidermis anzunehmen; bei derartigen Blättern ist häufig die Außenwand der Epidermis ebenso zart wie die Radial- und Innenwände und der anatomische Bau der Haare mit einer absorbierenden Tätigkeit nicht in Einklang zu bringen: sind nämlich solche Haare auffällig derbwandiger als die Epidermis, ferner von Luft erfüllt, die sich nur schwer verdrängen läßt, dann unterstützen sie die Wasseraufnahme lediglich durch äußerliches Festhalten.

Mit der Funktion der oberen Blattepidermis als eines Wasser absorbierenden Gewebes bringe ich folgende, zum Teil bereits erwähnte Tatsachen in Zusammenhang:

1. Durchschnittlich schwache Verdickung der Epidermis-Außenwände.

2. Oberseits geringere Verdickung der Epidermis-Außenwände als unterseits. Diese nicht seltene Erscheinung wurde auch an kahlen und sehr zerstreut behaarten Blättern bemerkt.

3. Der in den Epidermiszellen vieler Blätter beobachtete Reichtum an geformten Inhaltsstoffen, welcher auf beträchtliche osmotische Wirksamkeit schließen läßt.

4. Leichte Benetzbarkeit. Dieselbe fällt am meisten in die Augen bei den kahlen oder dürftig behaarten Blättern; sie besteht hier auch in solchen Fällen, wo die Blätter an ihrer Oberfläche lockere, körnige Ausscheidungen tragen, welche das Aussehen von Wachs zeigen. An stark behaarten Blättern ist die Unbenetzbarkeit vielfach nur eine scheinbare, indem der silbrige Glanz, welchen sie in Wasser längere Zeit beibehalten, durch die Unbenetzbarkeit der dicht gestellten Haarenden hervorgerufen wird.

5. Ausstülpung der Epidermis-Außenwände zu kegelförmigen Papillen

beobachtet an einem *Astragalus* (22), einem *Pycnophyllum* (32), einer *Viola* (62), *Lupinus* spec. cfr. *prostratus*, und zwar stets nur an der Oberseite! An diesen Arten bemerkte ich mitunter eine Ausscheidung zerstreuter Körnchen (Wachs?), die jedoch den Papillenscheiteln fehlte.

Die Wasserabsorption wird auch durch Trichome vollzogen. Von ganz vereinzelten Fällen abgesehen aber dürften sie die Epidermis in jener Funktion nicht vertreten, sondern lediglich unterstützen. Ich begnüge mich mit der Auswahl einiger Beispiele, indem ich mir ausführliche Mitteilungen für später vorbehalte:

Es lassen sich drei Typen von wasseraufnehmenden Haaren unterscheiden: solche, welche durchgehend zartwandig und reich an geformtem Inhalt sind, solche, welche nur im oberen Teile und solche, welche nur im unteren Teile jene Eigeschaften zeigen.

Zur ersten Gruppe gehört die Composite *Senecio repens* DC. Ihre Blätter sind oberseits über und über locker behaart, unterseits kahl bis auf vereinzelte Haare an den Nerven. Die Haare der Oberseite sind zartwandige, plasmareiche Zellfäden. Die Haare der Composite *Perezia coerulescens* Wedd. zeigen in der Jugend den gleichen Bau, später aber teilt sich jede Zelle des Fadens durch eine Längswand.

Dem zweiten Typus sind zwei *Valeriana*-Arten (1 und 27) zuzuzählen. Bei der letzteren sind die Haare auf die Blattoberseite beschränkt; sie gliedern sich in folgende Teile: die Basis bildet eine längliche, etwa wurstförmige Fußzelle, die mit ihrem untersten Teile in die Epidermis versenkt ist, in ihrem freiliegenden Teile starke Wandverdickungen aufweist und geformte Inhaltsstoffe nur in geringer Menge enthält; über diesem Fuß liegt eine weit kürzere zylindrische zartwandige und ebenfalls inhaltsarme Zelle; den Abschluß bildet ein vielzelliges, zartwandiges, inhaltreiches Köpfchen. Die Haare der andern Art sind ungefähr ebenso gebaut.

Ein Vertreter der dritten Gruppe ist die Malvacee *Malvastrum pichinense* A. Gr., deren Blätter oberseits ziemlich dicht, unterseits nur sehr zerstreut behaart sind. Der zartwandige, inhaltreiche Fußteil des Haares setzt sich aus mehreren, neben einander gelagerten und an der Basis in die Epidermis versenkten Zellen zusammen; vom Scheitel dieser strahlen, der Blattoberfläche parallel, mehrere schlank kegelförmige, derbwandige Zellen aus, welche wenig oder keinen Inhalt führen. Morphologisch verschieden von diesen »Sternhaaren«, sind die als »Zellfäden« zu bezeichnenden Haare von *Plantago Weberbaueri* Pilger, *Lucilia piptolepis* Wedd., *Culcitium canescens*, *Senecio antennaria* Wedd. Hier wird der zartwandige, plasmareiche Basalteil des Haares bald von einer Zelle, bald von mehreren übereinander stehenden gebildet; weit länger als alle diese Basalzellen zusammengenommen ist das derbwandige, lufthaltige Endstück, welches eine einzige Zelle darstellt. Die Haare von *Lucilia piptolepis* Wedd.

sind denen, welche Volkens in seiner »Flora der ägyptisch-arabischen Wüste« für *Ifloga spicata* abbildet, sehr ähnlich.

Nicht nur auf die Blattoberfläche, d. h. auf die Epidermis und ihre Anhangsgebilde beschränkt sich die Anpassung an die Absorption: in mehreren Fällen treten im Zusammenhange mit jener Funktion Wucherungen auf, an deren Aufbau sich auch das innere Blattgewebe, das Mesophyll beteiligt.

Das Blatt einer *Viola* (62) trägt auf der Oberseite ein stark vorspringendes, dem unbewaffneten Auge sofort wahrnehmbares Netz von Gewebeleisten, während die Unterseite völlig eben ist. Die Oberseite ist mit papillenförmig ausgestülpten Epidermis-Außenwänden und mit einem körnigen Wachsüberzug versehen, während die Unterseite nur sehr wenig Wachs und ebene Epidermis-Außenwände aufweist. Jener oberseitige Wachsüberzug ist in der unteren, zarten Blatthälfte sehr stark, verleiht dem Blatte hier eine bläulichgrüne Farbe und macht es daselbst unbenetzbar; in der oberen, braun gefärbten Blatthälfte aber, welche sich leicht benetzen läßt, ist das Wachs in viel geringerer Menge vorhanden. In den leistenförmig vorspringenden Teilen des Blattgewebes treten palissadenförmige Assimilationszellen in 2—3 Schichten auf; sie erscheinen, da sie sich mehr oder weniger senkrecht zur Oberfläche orientieren, auf Querschnitten fächerförmig angeordnet. Die Spaltöffnungen beschränken sich auf die Vertiefungen, sie fehlen an den Gewebevorsprüngen.

Während hier die Spaltöffnungsapparate vertiefte Stellen des Blattes einnehmen, besetzen sie bei einer Umbellifere (63) die erhöhten Teile. Das Blatt dieser Pflanze ist oberseits mit tiefen Längsfurchen versehen, ferner mit entfernt stehenden, sehr langen, der Blattspitze zugeneigten Borsten besetzt, unterseits kahl und eben. In den vorspringenden Teilen des Blattgewebes treten Palissadenzellen in 2—5 Schichten auf und zwar ebenso orientiert wie im vorerwähnten Falle. Am Grunde der Rinnen sind die Epidermiszellen weit höher als anderwärts; Palissadenzellen und Leitbündel fehlen hier, und an Stelle der ersteren finden sich großlumige, mehr oder weniger isodiametrische, chlorophyllarme Elemente. Die Böden dieser Rinnen sind ferner frei von Spaltöffnungen, die lediglich an den Vorsprüngen auftreten.

Höchst auffällig ist durch die Beschaffenheit seiner Oberfläche das Blatt einer *Valeriana* (27). Während die Unterseite kahl und eben ist, trägt die Oberseite jene vorher beschriebenen, zur Wasseraufnahme anscheinend sehr geeigneten Trichome und ferner zahlreiche grüne Auswüchse, welche die Gestalt von Platten, Zylindern oder Kegeln zeigen und oft die halbe Länge des Blattes erreichen. Diese Auswüchse enthalten Leitbündel; ihre Palissadenzellen bilden einen Mantel von 2—3 Schichten; an der Oberfläche der Auswüchse sind Spaltöffnungen in beträchtlicher Zahl vorhanden

und die erwähnten Trichome, vor allem am Scheitel, dichter gestellt als irgendwo.

Das Assimilationssystem.

Ein überaus einfach gebautes Assimilationsgewebe weisen die Blätter von *Castilleja nubigena* H. B. K., *Draba Pickeringii* A. Gr., *Arenaria dicranoides* Kth., *Pycnophyllum* spec. (32) auf: die assimilierenden Zellen sind sämtlich von annähernd gleicher Gestalt, kuglig oder sehr wenig gestreckt in unbestimmter Richtung.

Bei einer Iridacee (44) ist die Gestalt der Assimilationszellen tafelförmig und die Orientierung eine derartige, daß der kleinste Durchmesser in die Längsrichtung fällt (System 2 der Bautypen Haberlandts).

Im assimilierenden Gewebe der untersuchten Gräser bemerkte ich keine wesentlichen Abweichungen von dem in dieser Familie vorherrschenden Bautypus.

Mehr als die Hälfte aller untersuchten Pflanzen (sämtlich Dikotylen) zeigten die bekannte Gliederung des Mesophylls, wonach die obere Seite des letzteren von Palissadenzellen, die untere von Schwammparenchym gebildet wird.

Nahezu ein Drittel (gleichfalls sämtlich Dikotylen) trägt beiderseits Palissaden und das Schwammparenchym in der Mitte.

Überblickt man die Schichtenzahlen, in welchen die Palissaden — beim ersten Typus oberseits, beim zweiten auf jeder der beiden Blattseiten — auftreten, so ergibt sich, daß bei zwei Dritteln (einigen 30 Arten) die Schichtenzahl 2—3 beträgt. Etwa 8 Arten besitzen bis zu 4 Palissadenschichten, 4 Arten bis zu 5, 1 Art 6, 1 nur eine einzige Palissadenschichte. Es ist aber zu bemerken, daß häufig die Streckung der Palissadenzellen eine sehr geringe ist, und dann die betreffenden Elemente sich der Kugelform nähern.

Eine kräftige Entwicklung des Palissadengewebes, ausgeprägt in hoher Schichtenzahl und starker Streckung der Elemente, wie sie von vielen Autoren als charakteristisch für Hochgebirgspflanzen hervorgehoben wird, scheint somit in der hochandinen Flora nicht vorzuliegen, zumal bei Berücksichtigung der Formen mit wenig differenziertem Mesophyll, welche am Anfang dieses Abschnittes erwähnt wurden.

Das Leitungssystem in den Blättern bietet nichts Bemerkenswertes.

Eingehendere Untersuchungen betreffend das Speichersystem, die Sekretionsorgane und Exkretbehälter gedenke ich später auszuführen. Für jetzt nur einige kurze Bemerkungen.

In manchen Blättern scheinen Einrichtungen zur Wasserspeicherung vorzukommen. In der Blattepidermis des Rosaceenstrauches Ph. 7 scheinen die farblosen Außenwände in hohem Grade quellbar und geeignet,

Wasser längere Zeit festzuhalten. Mehrere Blätter, z. B. die der *Viola*-Arten und Malvaceen sind schleimhaltig. In welchen Zellen dieser Schleim sich bildet und ansammelt, konnte bisher noch nicht für alle Fälle mit Sicherheit ermittelt werden. Bei *Malvastrum pichinchense* A. Gr. liegen ellipsoidische Zellen, die keinen andern Inhalt als farblosen Schleim führen, in der Nähe der Blattunterseite, im Schwammparenchym. An *Galium hirsutum* R. et P. fällt das Vorkommen von Exkretschläuchen in der Epidermis auf, bekanntlich eine ziemlich seltene Erscheinung. Diese Exkretschläuche bilden an der Blattunterseite, ein wenig unter der Spitze, eine kleine Gruppe, welche dem unbewaffneten Auge als weißlicher Fleck erscheint, und enthalten eine zähflüssige, harzigschleimige Masse. Die Dicke ihrer Außenwände ist die gleiche wie in den echten Epidermiszellen. Vielleicht sind auch diese Zellen Wasser absorbierende Organe.

Als Sekretionsorgane sind die Trichome zu bezeichnen, welche an den Blättern von *Baccharis serpyllifolia* Dcne., eines kriechenden Compositenstrauches, auftreten. Diese Pflanze bleibt fast das ganze Jahr hindurch belaubt. Auf beiden Seiten des vertikal orientierten Blattes finden sich in beträchtlicher Zahl kuglige, vielzellige Haare, ein jedes in einer seichten Vertiefung der Epidermis ohne stielartige Bildung entspringend. Aus diesen Drüsen ergießt sich über die Blattoberfläche ein harzähnliches Sekret, welches, wie ich wiederholt deutlich beobachten konnte, auch viele Stomata überzieht; beim Eintrocknen wird diese Masse rissig und fällt vielleicht schließlich stückweise ab. Von den Spaltöffnungen dieser Pflanze bleiben viele beständig weit geöffnet, worauf ich später noch einmal zurückkomme. Ich erwähne diese Tatsache schon jetzt, weil sie anscheinend mit der Harzausscheidung in einem gewissen Zusammenhange steht: Wahrscheinlich wird die Quantität des ausgeschiedenen Harzes von den Witterungsverhältnissen beeinflußt, so daß jene Sekretionsorgane als Regulatoren der Transpiration und Atmung fungieren. Beobachtungen in der trockenen Jahreszeit werden voraussichtlich zur Aufklärung dieser Frage führen.

Das Durchlüftungssystem.

Es wurde gezeigt, daß an den Blättern der hochandinen Pflanzen verschiedene anatomische Eigentümlichkeiten, welche die Vegetation feuchter Gebiete oder Standorte auszeichnen, häufig vorkommen, beispielsweise geringe Verdickung der Epidermis-Außenwände, Kahlheit oder spärliche Behaarung, das Fehlen mechanischer Gewebe. Man könnte demnach erwarten, daß in der Beschaffenheit der Intercellularräume ein ähnlicher Parallelismus bestehe, dieselben sehr umfangreich seien. Dies ist aber allermeist nicht der Fall. Das Intercellularsystem bietet keine augenfälligen Abweichungen von den Typen dar, die man an Landpflanzen, welche unter

mittleren Feuchtigkeitsverhältnissen wachsen, vorfindet. Wie bereits erwähnt, sind die Blätter kleineren Turgorschwankungen nicht selten ausgesetzt; geräumige Luftlücken würden hierbei vielfach die Gefahr eines Zusammenfalls der Blattgewebe erhöhen, zumal bei dem Fehlen mechanischer Versteifungen. Auch den Hagelschlägen gegenüber wären die Blätter bei sehr lockerem Bau weniger widerstandsfähig.

Bei der Untersuchung von Lage und Bau der Spaltöffnungsapparate ergaben sich einige bemerkenswerte Tatsachen. Zählt man die Arten, deren Blätter lediglich unterseits Spaltöffnungen tragen, so findet man unter einigen 60 untersuchten nur vier: *Luzula macusaniensis*, *Tetraglochin strictum* (aufrechter Strauch), *Oxalis pygmaea* A. Gr., *Peperomia parvifolia* C. DC. Aus der Lebensweise dieser Gewächse ergibt sich das Bedürfnis eines ausgiebigen Verdunstungsschutzes: die beiden erstgenannten bleiben bis weit in die Trockenzeit hinein belaubt, die beiden letzteren produzieren überaus zarte, leicht welkende Blätter. Etwa 45 Arten sind an beiden Seiten mit Spaltöffnungen versehen. Für einen Teil dieser Arten steht das Überwiegen der Spaltöffnungszahl an der Oberseite fest. Genauere Zählungen, zu deren Ausführung mir vorläufig die Hilfsmittel fehlen, behalte ich mir vor. Endlich fehlt es auch nicht an solchen Arten, welche nur an der Blattoberseite Stomata tragen. Es sind deren 13. Hierher gehören zunächst die fünf oben schon genannten Gräser; bei ihnen fällt die Beschränkung der Spaltöffnungen auf die Blattoberseite nicht auf, wenn man berücksichtigt, daß die Spreiten durch Rollung oder Faltung ihre Oberseite bei trocknem Wetter verdecken. Ferner zeichnen sich durch ausschließlich oberseitige Stomata aus *Chuquiragua rotundifolia*, *Malvastrum stenopetalum*, *Alchemilla pinnata*, *Malvastrum pichinchense*, *Arenaria dicranoides*, *Pycnophyllum* spec., *Viola* spec. (62), *Lucilia piptolepis*. Eigentümlicherweise ist unter diesen *Chuquiragua rotundifolia* ein aufrechter Strauch, welcher sein Laub fast das ganze Jahr hindurch behält; dabei fehlt demselben jegliche Behaarung, und seine Spaltöffnungen sind nicht einmal eingesenkt; allerdings besitzen die Schließzellen stark entwickelte obere Verdickungsleisten, welche einen weiten Vorhof (etwa wie bei *Cypripedium venustum*) einschließen, *Malvastrum stenopetalum*, *Malvastrum pichinchense*, *Arenaria dicranoides*, *Pycnophyllum* spec., *Lucilia piptolepis* wurden bereits an anderer Stelle genannt wegen des schwachen Baues der oberen Epidermis, deren Außenwände zarter sind als die unteren.

Betrachtet man die Spaltöffnungsapparate in ihrem Verhalten zu den benachbarten Geweben, so ergibt sich, daß eine Einsenkung der Schließzellen unter das Niveau der Epidermis an nur 14 Arten vorliegt. Unter diesen befinden sich die wiederholt erwähnten fünf Gräser. Allermeist ist die Einsenkung sehr unbedeutend, und fehlen Einrichtungen, welche den Ausgang der äußeren Atemhöhle verengen. Nicht seltener als Versenkung

der Schließzellen wurde eine leichte Erhebung derselben über das Niveau der benachbarten Epidermiszellen bemerkt. An dieser Stelle sei auch noch einmal auf zwei bereits genannte Pflanzen, eine Umbellifere (63) und eine *Valeriana* (27) hingewiesen. Bei der letzteren, von deren Blattoberseite lange Gewebewucherungen ausgehen, sind diese Vorsprünge ebenso wie die übrigen Teile mit Spaltöffnungen besetzt, und bei der ersteren, deren Blattoberseite von tiefen Rinnen gefurcht wird, tragen nur die Vorsprünge Spaltöffnungen, die Rinnen aber nicht.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß dauernd geöffnete Spaltöffnungen sehr häufig vorkommen, an den Blättern mancher Arten sogar die Regel bilden; mitunter geht mit dieser Erscheinung eine gleichmäßige Beschaffenheit der Schließzellen-Wandung, das Fehlen der bekannten Verdickungsleisten Hand in Hand. Keine andere Pflanze ist mir durch Zahl und Weite der beständig offenen Stomata in dem Maße aufgefallen wie der kriechende Compositenstrauch *Baccharis serpyllifolia* Dcne. Die Unbeweglichkeit der Schließzellen ist umso merkwürdiger, als diese Pflanze auch während der Trockenzeit belaubt bleibt; jedoch wird, wie oben auseinandergesetzt wurde, ein Verschluß der Spalten in anderer Weise herbeigeführt, nämlich durch Harzabsonderung aus Drüsenhaaren.

Bei meinen Bemühungen, die in Gestalt und Lage der Spaltöffnungsapparate zu Tage tretenden Eigentümlichkeiten biologisch zu deuten, gelangte ich bisher zu keinem befriedigenden Ergebnis.

Ich dachte an die in jenen Höhen herrschende Luftverdünnung und an die Möglichkeit, daß die dem Menschen so fühlbare Knappheit der Nährgase auch im anatomischen Baue der Pflanzen zum Ausdruck gelange. Es könnte dann in dem überwiegend beiderseitigem Auftreten der Spaltöffnungen eine Vermehrung der Eintrittswege für Sauerstoff und Kohlensäure gesehen werden, in dem so häufigen Vorkommen dauernd offener Spaltöffnungen eine beständige Freihaltung jener Bahnen. Aber das Verhalten der Intercellularen, die keinerlei auffällig große räumliche Ausdehnung zeigen, steht mit jener Erklärung nicht recht in Einklang, wiewohl es, wie früher dargelegt wurde, durch biologische Bedürfnisse anderer Art geboten erscheint.

Die Berücksichtigung der Tatsache, daß gerade die obere Epidermis häufig Wasser absorbiert, führte mich zu der Vermutung, daß eine oberseitige Lage für die Schließzellen den Vorteil mit sich bringe, geringe Turgescenz rasch steigern zu können durch Entnahme von Wasser aus benachbarten Epidermiszellen. Viele Stomata bleiben aber dauernd offen, und Turgescenzschwankungen spielen hier keine so wichtige Rolle wie in normalen Organen dieser Art.

Bewegungsgewebe.

Von den oben schon öfters genannten fünf Gräsern wurde schon wiederholt die Beweglichkeit ihrer Spreiten hervorgehoben, welche, ebenso wie bei verwandten Arten in Steppen- und Wüstengebieten, sich bei trocknem Wetter einrollen oder zusammenfalten und damit die spaltöffnungführende Oberseite gegen Austrocknen schützen.

Folgende anatomische Merkmale haben die Blätter aller dieser Gräser gemeinsam:

1. Die Wände, namentlich die Außenwände, sind in der oberen Epidermis schwächer als in der unteren.
2. Die Oberseite trägt einen starken Wachsüberzug und ist unbenetzbar.
3. Die Oberseite wird von mehreren Längsrinnen gefurcht, deren Böschungen Spaltöffnungen tragen. Unterseits fehlen Spaltöffnungen völlig.
4. Die Epidermiszellen am Boden der Rinne sind großlumiger als die übrigen und stets zartwandig. Ihre Radialwände erscheinen auf Querschnitten stark verbogen.

Die gedachten Bewegungen kommen nicht, wie Tschirch angibt, durch Quellungsvorgänge in den Zellwänden, sondern lediglich durch Turgescenz-Schwankungen zustande. Kerner (Pflanzenleben, 2. Auflage) betont mit Recht, daß die Blätter derartiger Gräser, wenn sie durch Trockenheit abgestorben sind, auch ihre Beweglichkeit verloren haben. Ich tauchte lebende Blätter, die sich im Zustande hoher Turgescenz befanden und flach ausgebreitet waren, in heißes Wasser und sah sie alsbald sich schließen. Bei einem *Bromus* (21) u. a. zeigen schon die anatomischen Verhältnisse, daß durch Quellungsvorgänge die erwähnten Bewegungserscheinungen nicht hervorgerufen werden können. Die Epidermis ist bei *Bromus* beiderseits sehr zartwandig; zwischen den beiden Epidermen finden sich derbwandige Elemente nur in fünf dünnen Bastrippen, welche weit von einander entfernt und folgendermaßen verteilt sind: 1) an den beiden Kanten je eine, 2) eine dem mittleren Bündel und der unteren Epidermis angelehnte, 3) zwei an seitliche Bündel und die obere Epidermis angelehnte. Daß diese wenigen dünnen Bastrippen, welche nicht einmal einander paarweise gegenüberliegen, ohne Einfluß auf die Bewegungsvorgänge bleiben, liegt auf der Hand. Ferner dürfte eine Zunahme des Turgors in den zartwandigen, inhaltsreichen Geweben des Blattes schwerlich stets von einer Wände-Quellung der an osmotisch wirksamen Stoffen armen Bastzellen begleitet sein.

Die Zellen, deren Turgorschwankungen die Hauptrolle spielen, sind offenbar jene großlumigen Elemente am Boden der Rinnen. Die wellenförmig verbogenen Seitenwände, welche sie auf Querschnitten erkennen lassen, zeigen, daß sie gelegentlich viel Wasser

aufnehmen. In zweiter Linie ist wohl auch die übrige Epidermis der Blattoberseite wirksam. An der Blattunterseite zeigt die Epidermis eine stärkere Verdickung der Außenwände, mitunter auch der Radialwände als oberseits: wenn nun im Blatte hohe Turgescenz eintritt, werden die zarten Membranen der oberen Epidermis sich stärker ausdehnen als die derben der unteren, und somit wird letztere als Widerstandselement gegenüber der Ausdehnung der ersteren fungieren. Folgt auf die untere Epidermis noch ein 1—2-schichtiger Mantel derbwandiger Zellen (wie bei *Deyeuxia intermedia* und *Aciachne pulvinata*), so wird der Widerstand verstärkt. Möglicherweise bestehen auch Unterschiede in der osmotischen Saugkraft der beiderseitigen Epidermen.